

# VRF 응용 Hybrid 공조시스템 Case Study

김 성 실†, 박 완 규, 허 인 구

LG전자 에어컨 사업부

## Case Study of Hybrid HVAC system Applied VRF

Seong-sil Kim†, Wan-kyu Park, Inn-ku Hur

*Air conditioning Division, LG Electronics Inc, Seoul 150-721, Korea*

**ABSTRACT:** The present study has been conducted variable refrigerant flow system applied building. Multi air-conditioning system has some benefits : easier building management and maintenance and energy saving. Recently, the system heat pump has been employed in medium-sized and tall buildings. However, the performance data and design method for system heat pump are limited in literature due to complicated system parameters and operating conditions. In the present study, case study of a system heat pump applied various building. The aim of this paper is to application multi air-conditioners and to inform the benefits of multi air-conditioners.

**Key words:** Variable refrigerant flow system(냉매유량가변형시스템), Central air conditioning system(중앙공조시스템), Heat pump(열펌프), Water source Heat pump(수냉식 열 펌프), Geo-source heat pump(지열원열펌프), Cogeneration(열병합발전)

### 1. 서 론

생활수준이 향상되면서 사무공간 및 거주공간의 쾌적성에 대한 요구가 증가하고 있다. 이와 같은 경향은 건물 전체를 하나의 공간으로 인식하여 중앙에서 건물 전체를 냉난방하던 과거의 방식에서 벗어나 거주자가 재실하는 곳의 개별공조에 대한 요구를 증가시키고 있다. 중앙공조방식에서는 개별적인 재실자의 요구를 충족시키지 못하는 등의 문제가 발생하지만 개별공조 방식에서는 거주자가 원하는 시간, 원하는 장소의 공조를 재실자가 원하는 대로 할 수 있기 때문이다. 이와 같은 경향을 받아들여 국내의 공조방식은 중앙공

조방식에서 개별공조방식으로 변화하고 있다.

본고에서는 중앙공조방식과 개별공조방식의 장 점만을 이용하여 건물의 재실자의 요구에 적극적으로 대응할 수 있는 VRF방식을 응용한 Hybrid 공조시스템의 건축물 적용성을 검토하고, 실제 설계 및 시공된 건물의 사례를 통하여 시스템의 활용을 위한 제안을 하고자 한다.

### 2. VRF 시스템의 정의

에어컨이 냉방 뿐만 아니라 난방 운전까지 가능한 히트펌프가 출시되면서 중대형 건물의 냉난방 시스템으로 적용되고 있다. 개별 공조 시스템으로 대별되는 에어컨디셔너는 초기에는 하나의 실외기에 하나의 실내기를 연결하는 단일형으로부터 하나의 실외기에 여러대의 실내기를 다배관으로 연결하는 시스템이 개발되었다. 이와 같은 경우 여러실의 공조할 경우 많은 실외기가 필요

† Corresponding author  
Tel.:+ 82-2-3777-2925;fax: + 82-2-3777-2907  
E-mail address: rosini@lge.com

하거나, 여러 가닥의 배관이 필요하게 되는 단점이 있었다.

VRF(Variable refrigerant flow : 냉매 유량가변형) 시스템은 이와 같은 단점들을 보완하여 인버터 압축기와 제어 기술을 통해 냉매 유량을 정교하게 조절할 수 있도록 개발된 것을 말하며, 국내에서는 이를 멀티에어컨디셔너라고 부르고 있다. 멀티에어컨디셔너는 공기로부터 열을 회수하는 공랭식이 대부분이었으나, 최근에는 냉각탑이나 보일러를 이용하여 물을 순환하여 열을 회수하거나, 지열 등 신재생에너지를 이용하는 방법으로까지 발전하게 되었다. 그림 1은 개별 공조시스템인 에어컨디셔너의 발전과정을 나타내었다.

멀티에어컨디셔너는 하나의 실외기에 분리형 실내기, 천정카세트, 천정매립형, 덕트부착형 실내기 등 다양한 종류 및 크기의 실내기를 한조의 배관으로 제어하는 기술로써 하나의 실외기에 조합되는 실내기를 최대 56대까지 연결할 수 있다. 여러 타입의 실내기를 실내의 사용 특성에 따라 실내기를 개별적으로 운전할 수 있고 실내기의 부하에 따라 실외기의 주관에서 필요에 따라 냉매량이 분배되어 용량을 가변제어할 수 있기 때문에 사용자의 편리함과 에너지 절약성으로 중소형 건물 뿐만 아니라 대형 건축물에서도 새로운 공조시스템으로써 많이 적용되고 있다.

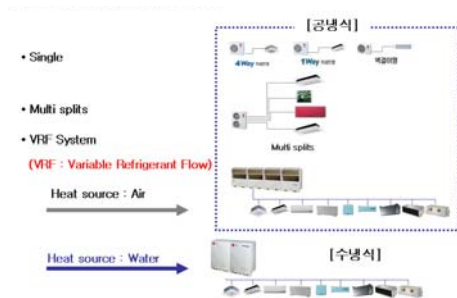


Fig. 1 개별 공조 시스템의 변화 과정



Fig. 2 수열원 이용 VRF 시스템 개념도

VRF 시스템은 다음과 같은 특징으로 현재 다양한 건물들에서 다양하게 적용되고 있다.

- 1) 설치의 간편성 및 설치 면적 축소
- 2) 디자인의 유연성
- 3) 편리한 유지보수와 감리
- 4) 개별제어 및 에너지 효율성
- 5) 다양한 건물 적용성

VRF system은 개별 제어를 필요로 하는 사무실, 호텔과 같이 건물의 부하패턴이 다양한 구조에 가장 적합한 시스템이다.

### 3. VRF응용 시스템

#### 3.1 수열원 이용 VRF시스템

수열원 이용 VRF시스템은 물을 열원으로 히트펌프를 가동하는 시스템이다. 수열원 이용 VRF시스템은 공기로부터 열을 회수하는 공랭식시스템과는 달리 물로부터 열을 회수하여야 함으로 히트펌프에 열을 공급할 수 있는 물을 건물내로 공급하기 위한 냉각탑과 보일러등의 필요하고 또는 지하수나 지중열원을 이용할 수도 있다.

수열원이용 VRF 시스템은 중앙공조와 개별공조의 장점을 혼합한 새로운 개념의 시스템으로써 외부환경에 영향을 받지 않는 중앙공조의 장점과, 실별 개별제어, 저렴한 초기투자비, 최소실외기 면적 확보, 설비확장성, 부분 부하 대응성 등의 개별공조의 장점을 혼합하여, 연간 외부환경의 변화에 따른 기기의 성능변화없이 개별제어 및 부분부하운전이 가능한 고효율의 시스템이다.

수열원 히트펌프 시스템은 배관거리 확장이 용이한 수배관으로 초고층 빌딩의 대응이 가능하며, 기존의 중앙공조 설비를 이용한 리모델링이 가능하다. 그림 2는 수열원 히트펌프 시스템의 개념도를 나타내었다.

#### 3.2 지열이용 VRF 시스템

VRF 지열시스템은 지중열교환기에 연결되는 수열원 히트펌프에 냉매관을 이용하여 실내에 열을 공급하는 시스템이다. 그림 3은 지열이용 VRF 시스템의 개념도이다. 지열 시스템은 연간 온도조건이 안정적인 땅속의 열원을 이용하는 것으로 연간 일정한 성능을 얻을 수 있는 장점이 있다.

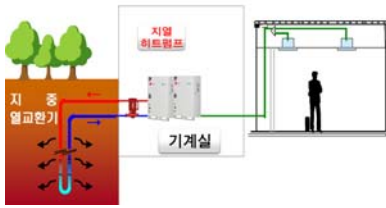


Fig. 3 VRF응용 지열 시스템개념도

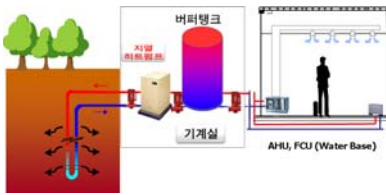


Fig. 4 기존 지열 시스템의 개념도

Table. 1 기존지열 Vs. VRF지열 비교

	VRF 지열시스템	기존지열시스템
구성	지중 열교환기, 지열 순환펌프, VRF 히트펌프, 실내기	지중 열교환기, 지열순환펌프, W-W히트펌프, 온수순환펌프, 축열조, 버퍼탱크, 실내기
효율	직접 열교환 방식으로 고효율	열교환기효율에 따라 시스템 성능 저하
시공성	실내측이 냉매관이므로 천정속 공간 최소화 기계실 면적 축소(축열조 불필요)	실내측이 수배관이므로 천정속 공간 증가 기계실 면적 크게 필요(축열조 필요)
유지보수	동절기 동파 염려 없음 실내기의 개별제어가 가능함	실내에 수배관으로 인한 물피해 우려 혹한시 가동 중단으로 인한 동파 우려
운전특성	부분부하 운전으로 에너지 절감 효과 우수 전체시스템이 냉방, 난방이 동시에 가능함 각실별, 준별 정밀한 개별운전 가능	전체 시스템이 냉방 또는 난방전용 운전 동시냉난방 개별운전 불가능 개별운전 어려움

기존의 지열 시스템은 물을 생산하여 냉난방을 하는 것이 대부분으로 기계실에 대용량의 물 저장 탱크와 실내 부하측에 열공급하는 반송장치가 필요하여 이를 설치하기 위한 기계실의 면적확보가 필요하며, 기기들을 가동하기위한 운전비가 별도로 필요하다. 또한 실의 개별운전에 따른 개별제어가 용이하지 않은 문제가 있었다.

VRF 시스템은 실별로 또는 같은 실내에서도 각각의 실내기를 개별적으로 제어가 가능하며, 실내기의 개별제어에 따라 실외기의 인버터 압축기가 부분부하 운전이 가능함으로써 실의 쾌적성 뿐만 아니라 에너지를 운전에너지로 절약할 수 있는 장점이 있다. 그림 4은 기존 지열시스템의 개념도이다. 표 1은 VRF응용 지열시스템과 기존의 지열시스템의 특징을 비교하여 나타내었다.

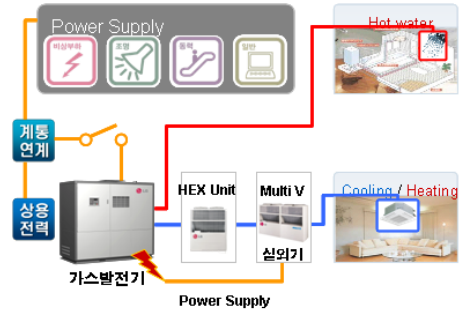


Fig. 5 Cogen + EHP 연계형 시스템 개념도

### 3.3 열병합발전 응용 VRF시스템

소형 열병합 발전 시스템(Cogen)이란 천연가스를 연료로 가스엔진발전기를 이용하여 전력을 생산하고 배열 및 폐열을 회수하여 열 수요처에 공급하는 열병합발전시스템으로서 생산된 전기를 이용하여 냉/난방시설을 직접 가동하고 잉여전력은 조명, 전열 등으로 활용하며, 회수열은 바닥 난방열원 및 급탕으로 사용하여 열 이용율을 높이도록 한 시스템이다.

열병합 발전을 이용하여 건물의 전력을 생산하는 것 뿐만 아니라 EHP와 연결하여 겨울철 성능이 저하되는 문제를 해결할 수 있는 시스템으로 개발되었다.

소형 열병합 발전 시스템을 건축물에 적용시, 초기 투자비 및 연간 건물의 운전비를 절감할 수 있는 바, 다음과 같은 특징이 있다.

- 1) 옥외 설치가 가능하므로 기계실 면적이 감소하여, 실 사용 면적이 증가할 수 있다.
- 2) 건축물의 자가발전이 가능하므로 수전설비를 절감할 수 있어서 수전설비 절감에 따른 초기투자비를 절감할 수 있다.
- 3) 전력사용의 Peak cut의 효과를 도모할 수 있어서 전력부하의 평준화에 기여할 수 있다.
- 4) 발전시 발생하는 폐열을 이용함으로써 보일러, 공조기 등의 운전비 및 연료비를 절감할 수 있어서, 에너지 절약 및 운영비를 감소할 수 있다.

## 4. VRF 응용 Hybrid 공조 시스템 설계사례

### 4.1 수열원이용VRF시스템Casestudy

수열원 히트펌프(water source heat pump)시스템이 적용된 건물은 서울시 구로구에 소재한 연

구소 건물로써 2007년 8월말 완공된 지하 5층, 지상 20층의 연면적 72,779m<sup>2</sup>의 건물이다.

### 3.2.1 냉,난방 부하 및 기계실 배치 계획

건물의 냉방 및 난방을 위해 필요한 공조부하 연면적에 대한 단위 면적당 소비되는 냉방부하량은 101.05kcal/h.m<sup>2</sup>, 난방부하량은 69.06kcal/h.m<sup>2</sup>으로 시설된 열원기기는 여유율을 고려하여 총 냉방용량이 2,798 USRT이고, 생산 가능한 난방 총용량은 13,981 Mcal/h이다. 본 건물은 설치, 운전, 보수가 용이하고 경제성이 고려된 방식으로 채택하여 수열원 이용 VRF 시스템과 대공간을 위한 흡수식 냉온수기로 구성하였다.

냉열원 장비의 구성은 수냉식 VRF 실외기, 수냉식 VRF 실내기, 향온 향습기, 흡수식 냉온수기, 냉각탑으로 구성되었다. 난방용 열원으로는 진공 온수보일러를 이용하고 대공간용에 흡수식 냉온수기를 이용하며, 창가의 결로 및 Cold Draft 방지 위한 콘벡터 및 급탕, 가습, 주방용으로 증기 보일러를 설치하였다.

본 건물에 적용된 시스템을 현재 중앙공조방식에서 많이 적용하고 있는 빙축열 시스템과 비교해 볼 때 다음과 같은 효과를 나타내었다. 빙축열 시스템과 수열원 이용 VRF 시스템을 비교할 때, 초기투자비는 빙축열 시스템과 비교하여 약 5%정도 절감할 수 있었으며, 운전비는 약 7%정도 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 이는 현재 상태의 비교이고, 심야전력 요금의 상승을 고려할 때 운전비의 절감 효과는 더 커질 수 있다.

## 4.2. 지열이용 VRF 시스템 설치 사례

00 대학교 교수 연구동은 연면적이 7,070 m<sup>2</sup>으로 지하 1층 지상 6층의 건물로 교수 연구동(3F~6F)과 사무실(1~2F)로 구성된다. 건물전체를 지열원 히트펌프와 공랭식 히트펌프를 함께 설치하여 초기투자비 및 운전비를 효과적으로 절약하였다. 사무실은 교수 연구실과는 달리 사용 빈도가 많고 연속 운전이 예상되며 방학기간에도 사용할 것이므로 지열 시스템을 적용하였다. 반면, 교수 연구실은 사무실과는 다른 부하 특성으로 기존의 공기열원 시스템에어컨을 적용하였다.

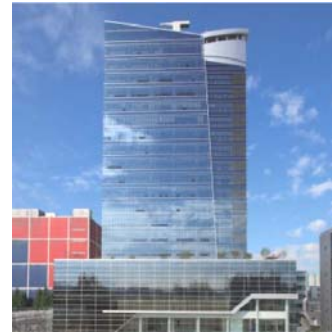


Fig. 6 수열원 이용 VRF 시스템 적용 건물

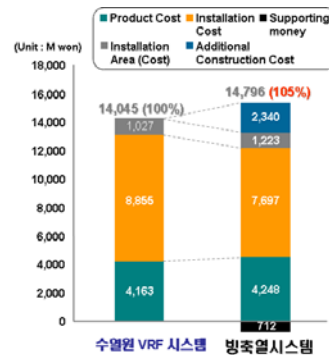


Fig. 7 수열원 VRF와 빙축열 시스템의 초기투자비 비교

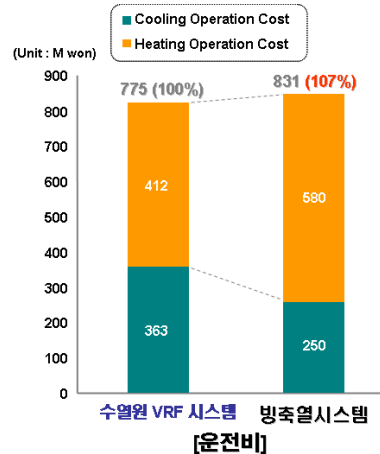


Fig. 8 수열원 VRF와 빙축열 시스템의 운전비 비교

지열원 히트펌프는 냉난방용으로 29kW를 10대, 급탕용으로 29kW를 2대 설치하였다. 공랭식 히트펌프는 전체용량이 609kW로 실별로 조닝하여 실외기의 용량을 산정하여 설치하였다. 건물의 냉난방 제어는 냉난방, 급탕, 환기 시스템 모두를 한 곳에서 모니터링 및 개별, 중앙 제어 할 수 있는 인텔리전트 제어시스템을 구축하였다.



Fig. 9 지열원 VRF적용 건물

그림 9는 본 건물의 전경과 시스템 적용 개념도이며, 그림 10은 실내기 및 기계실의 모습이다.

본 건물은 지열이용 VRF시스템을 적용함에 따라 연간 냉난방 및 급탕 운전비용으로 기존 시스템 대비 약 2,750만원을 절감하게 될 것으로 예측되며, 100% 국산화한 지열 시스템을 적용하여 신재생 에너지 설비의 보급 활성화를 기대하고 있다. 본 건물의 비교 기준은 냉방 시 패키지 에어컨 대비 180만원, 난방시 보일러 대비 2,400만원, 급탕시 보일러 대비 170만원 절감이 예상된다.

현재 국가적으로 신재생에너지에 대한 보급 활성화를 위하여 보급보조사업이나 공공기관의 설치의무화를 제도화하여 추진하고 있다. 그러나 신재생에너지는 초기투자비가 많이 높아져서 시스템을 적용하는 수요자측에서 부담을 느끼고 있다. 이러한 현장에 대하여 기존의 시스템과 신재생에너지를 이용한 시스템을 병용하여 사용함으로써 초기투자비도 절감할 수 있고, 건축물의 제어적인 특성에서도 효과적인 시스템이라고 할 수 있다.

### 4.3 Cogen적용 사례

Hybrid Cogen은 전력생산과 전력생산중에 발생하는 폐열을 이용하여 열을 재생산할 수 있는 시스템이다. 다음 그림은 OO대학의 건물에 Cogen을 적용하여 건물의 냉난방을 위한 전력생산과 식당에 급탕을 제공하는 개념도를 나타내었다. 건물에 적용된 시스템은 30kW용량의 Cogen과 62.5kW의 EHP를 적용하였다.

본 건물에서는 Cogen을 적용하는 것에 따른 경제성을 평가하기 위하여 Cogen + EHP와 전기보일러 + EHP로 하였다. 분석결과, 첫째, 연간 에너지 비용 절감효과 있는 것으로 나타났다.

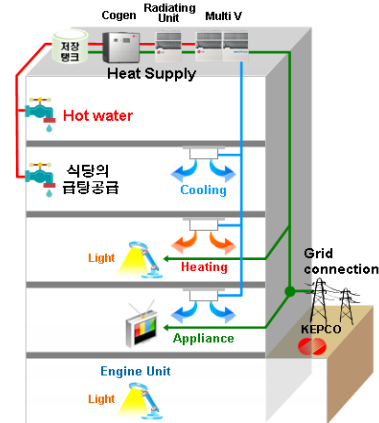


Fig. 10 Hybrid Cogen의 적용 개념도

적용하는 전기요금의 체계에 따라 효과가 다르게 나타났으나, 교육용 요금체계 약 12%, 일반용 요금체계 약 32% 절감되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 통해 일반용 요금체계가 적용되는 건물에 냉난방과 급탕의 수요가 동시에 발생하는 곳에 적용하는 것이 효과적일 것으로 생각한다. 둘째, 피크부하 감소 효과가 있다. 건축물에 Cogen을 적용하면, 계약전력 기본요금 절약, 여름철 피크부하 문제 해결에 기여할 수 있다. 셋째, LCC 분석결과 비교 대상에 비해 경제성 높은 것으로 나타났다. 전기요금 체계에 따라 시스템의 적용에 따른 투자회수 기간이 교육용 요금체계 3년, 일반용 요금체계에서는 1년으로 나타났다.

### 4.4 복합설계 사례

Hybrid 시스템은 여러 시스템을 복합적으로 적용하여 각 시스템이 가지는 장점을 극대화할 수 있도록 하는 것이다. 다음의 설계사례는 대지면적인 33,000㎡에 지하층 지상 4층의 7개동의 건물이 있는 연면적 16,000㎡의 문화센터건물에 VRF응용 시스템을 복합적으로 적용하여 설계한 예다. 그림 11은 본 건물의 평면 및 입면도이다. 본 건물은 건물의 사용도에 따라 공랭식 VRF, 수열원 VRF, 지열원 VRF를 적용하였으며, 층고가 높은 대공간에는 효과적인 냉난방을 위하여 AHU를 적용하였다. 각 동별로 적용된 시스템의 경제적 효과를 살펴보면, 공랭식을 적용한 건물의 경우 흡수식 냉온수기를 적용할 경우 공랭식 VRF에 비교하여 초기투자비가 3.3배 증가하는 것으로 나타났으며, 운전비는 2.1배 증가하는 것으로 나타났다.

수월원 VRF시스템을 적용한 건물의 경우, 흡수식 냉온수기와 비교할 때 초기투자비는 흡수식 냉온수기가 21% 상승하며, 운전비는 6% 더 상승하는 것으로 나타났다. 신재생에너지를 적용한 건물동의 경우 VRF이용 지열과 기존지열 시스템을 비교할 때, VRF이용 지열시스템이 초기 투자비에서는 15%정도가 절감되며, 운전비는 22%정도가 절감되는 것으로 나타났다.

그림 12는 철도 역사에 적용한 개념도를 나타내었다. 철도역사는 많은 사람들이 모이는 대합실 공간과 역무원들의 사무공간으로 건축물의 부하 특성이 다른 공간이 존재한다. 대공간인 대합실은 층고가 높고 다중이용시설로 많은 환기가 필요하다. 역무원의 공간은 역이라는 특성으로 개별적인 사용이 발생함으로써 이와 같은 부하특성을 고려한 설계가 필요하다.

본 건물에서는 대공간인 대합실에는 AHU를 이용하여 냉난방 및 환기를 수행하고, 사무공간은 공랭식 실외기를 이용하여 실의 개별적인 운영에 대응하도록 고려하였다. 특히 신재생에너지의 활용에 있어서는 AHU내부의 코일을 지열부분과 공랭식이용 부분을 동시에 설계하여 건물의 부하에 능동적으로 대응하도록 하였다.

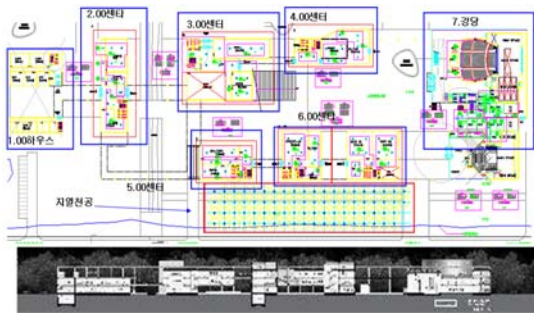


Fig. 11 문화센터 배치도 및 입면도

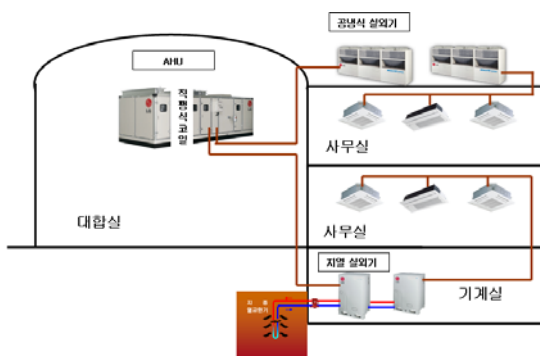


Fig. 12 철도역사 복합 적용 사례 개념도

외기 상태에 따라 예상되는 공랭식의 성능저하의 문제와 지중열교환기의 문제에 따라 발생할 수 있는 문제에 대응할 수 있도록 고려하였다.

위와 같은 결과로 볼 때, VRF시스템을 이용하는 것이 초기투자비와 운전비 측면 모두에서 효과적인 것으로 나타났다. 이는 VRF시스템이 설치의 간편함으로 다양한 용도의 건축물에 적용이 가능할 뿐만 아니라 중앙공조방식의 장점을 적절히 활용할 수 있어서 디자인의 유연성이 뛰어나기 때문으로 판단된다. 또한 개별제어 성능이 뛰어나기 때문에 중앙공조방식에서 발생할 수 있는 에너지의 낭비를 줄일 수 있어서 건물의 에너지를 효과적으로 사용할 수 있는 에너지 절약적인 시스템임을 알 수 있었다.

## 5. 결론

본고에서는 설치의 간편성, 효과적인 개별제어 가능성에 따라 에너지절약적 시스템으로써 최근 세계적인 관심과 더불어 국내에서도 그 적용이 급격하게 증가하고 있는 VRF 기술을 적용한 시스템에 대하여 소개하고 건축물의 적용성에 대하여 고찰하였다.

VRF시스템은 개개인의 쾌적에 대한 요구가 점차 늘어나고, 에너지의 유효이용에 대한 관심이 커지는 오늘날 공조의 조건으로 볼 때 건축물의 적용성이 좋은 시스템임을 알 수 있었다. 또한 기존의 공랭식의 기반으로 한 시스템과 달리 다양한 열원을 사용함에 따라 다양한 규모와 용도의 건물에 적용이 가능함을 알 수 있었다. 향후 이에 대한 고찰을 바탕으로 재실자의 쾌적성과 에너지 절약적 측면에서 VRF시스템의 적극적인 활용을 기대한다.

## 참고문헌

1. [집중기획] 멀티에어컨의 기술 개발 및 제품 동향, 유희상, 이건우, 설비저널, 대한설비공학회지, 2002. 3.
2. 시스템에어컨 기술동향 및 다양한 시스템 별 적용 사례, 박완규, 김동한, 설비(한국설비기술협회지, 2008. 5.